

## 環境面からの配慮事項

日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第14回セミナー  
「太陽光発電事業の事業リスクと事業の発展」  
2015年8月24日

みずほ情報総研株式会社  
環境エネルギー第2部

河本 桂一

### 太陽光発電事業のリスク要因(例)

- 天候
  - 年変動、異常気象、など
- 自然災害
  - 台風・暴風・竜巻、豪雪、洪水、噴火、地震・津波、など
- 構成機器・構造
  - 劣化、故障、など
- 外的要因
  - 近隣開発、飛来・外来物、盗難、など
- 自然環境・住環境等への影響
  - 環境影響物質(廃棄物含む)の排出
  - 景観、光害、騒音、生態系
  - 自然災害・故障等による二次被害、など
- その他
  - 規制・制度の改変
  - リスク事象・不具合等発生時の責任所在、など

# 太陽光発電事業に際して配慮すべき事項 (1)

## (地上設置型太陽光発電プラント)

カテゴリー		配慮すべき事項
事業用地選定	用地選定	農地・林地・植生地等開拓の回避、既存用途・機能の確保(共存)、既存構造物・機能の活用
	用地改変	地形改変、掘削、新たな搬入路整備等の最小化、土砂盛・排水池・廃棄物貯留地造成の回避
	用地占有	占有面積の最小化
生態系への配慮	生態系の維持	生態系の調査、希少生物・植種等の保存、生態系に配慮した設計・建設、永続的な影響評価(モニタリング)、周辺緩衝地域の最大化
	環境影響評価	環境影響評価の実施、地域関係者による影響低減方策
	土壌(等)保全	表層部のみの工事(土壌搬出)と透水性維持、十分な原生植物の残存・植樹、火災対策の徹底
水資源・水害対策	水資源消費量の低減	水資源消費量の評価・把握、消費量低減目標と対策(省水資源消費の建設と運転(保守管理))
	水害・洪水対策	冠水対策、敷地外への氾濫防止

Ref) WWF: Solar PV Atlas (2012) 等よりMHIR作成

# 太陽光発電事業に際して配慮すべき事項 (2)

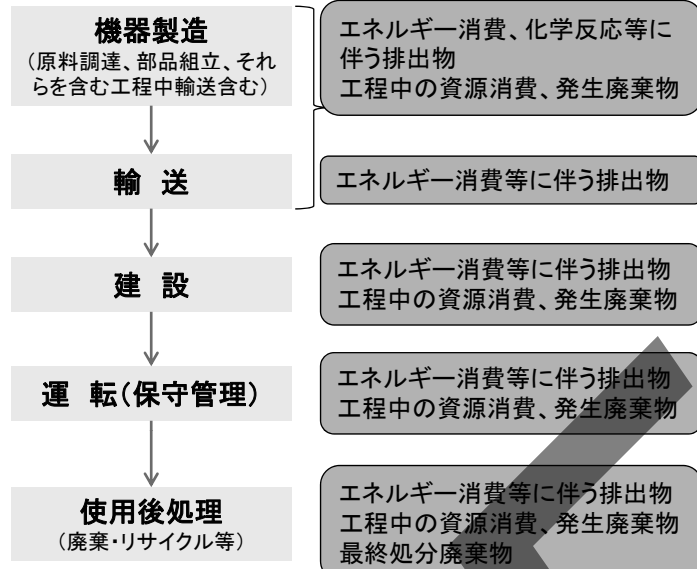
## (地上設置型太陽光発電プラント)

カテゴリー		配慮すべき事項
近隣への配慮 (負の影響の低減、 正の効果の創出)	粉塵、ごみ等の抑制	低減・抑制方策の導入、労働者への教育
	景観対策	近隣施設・道路等からの離隔、景観への配慮、夜間照明非使用(あるいは抑制)
	騒音防止	近隣施設からの離隔、静音設備機器、防音対策、夜間作業非実施
	地域への貢献	地域社会・政府等による関与、教育・啓発活動
	雇用	地域労働者の雇用と適切な賃金、教育・訓練プログラム
使用後処理 (事業終了後)	用地回復	事業用地の現状復帰
	機器リサイクル	構成機器リサイクル(適正処理)の実施

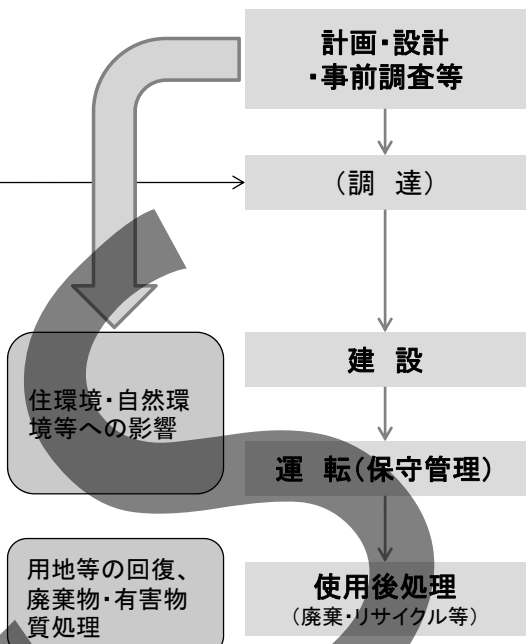
Ref) WWF: Solar PV Atlas (2012) 等よりMHIR作成

# ライフサイクルにおける環境影響要素

## <太陽光発電設備>



## <太陽光発電事業>



# 自然環境・住環境等への配慮: 環境保全

## ● 太陽光発電所建設による自然環境破壊の懸念

- 大規模メガソーラーは、産業廃棄物最終処分場跡地などの、他の用途には利用しにくい場所を有効に理由する手段として広がりを見せているが、土地や設置条件などの制限から、潜在可能領域は徐々に限られてくる。
- 今後、未利用自然地や山地などを切り開いた開発が進められる可能性がある。
- 配慮を欠いた導入・開発が進められれば、自然が元来有する機能が損なわれてしまう懸念があるほか、周辺住民等の反感を招き、太陽光発電そのものを否定する機運を招きかねない。

## ● 環境保全対策

- 自然環境の破壊や、森林過剰伐採等による保水力低下などが起きないように、導入・開発の是非も含めた事前調査の実施
- 環境に十分に配慮した開発計画
- 周辺住民や自治体への説明会等の実施

# 自然環境・住環境等への配慮：反射

## ● 太陽電池モジュール表面からの太陽光の反射（光害）

- 太陽電池モジュールの反射率は、建材ガラスより小さいが、反射物の追加的な設置（反射の増強）となる場合が多い。
- 住宅屋根に設置したモジュールからの反射に対する訴訟がなされ、「モジュール撤去」となった例がある。
- 周辺環境に依存するものの、事業用システムはモジュールが大量に設置されるため、光害が発生してしまう懸念がある。
- 空港設備への太陽光発電導入が進み始めているが、事前の検討・対策が講じられている。

## ● 光害対策

- 反射光シミュレーションによるアレイ方位・角度・設置場所等の適切な設計
- 周辺住民への説明会等の実施
- 必要に応じて、モジュール表面の防眩措置

# 自然環境・住環境等への配慮：景観

## ● 太陽光発電による景観阻害

- 太陽電池の景観は街並みや周辺環境にそぐわない、といった指摘が散見されている。
- 都市景観保全等の観点から景観保全条例が制定されている地域もあるが、太陽光発電導入・計画を契機として、それらを規制する議論が生じることもある。  
→自然公園法施行規則改正
- 周辺環境への配慮を欠いた導入・開発計画、運用・保守管理に対する反感が、結果として、「地域にそぐわない＝景観阻害」と発展している場合もある。

## ● 景観対策（景観保全条例等の法令遵守は当然のこと）

- 景観との調和を前提とした計画・設計、都市計画等との一体化
- 周辺環境（街並み、自然等）への配慮と調和、事前の説明

# 自然環境・住環境等への配慮：その他

## ● 騒音

- パワーコンディショナ、キュービクルファンからの騒音に対する懸念があるが、パワーコンディショナからの騒音はキュービクルに格納することにより遮音される。
- キュービクルファンに対する懸念は、キュービクルを沿道・住居等建物近傍に配置しないことにより、回避することができる。

## ● 電磁波・電波障害

- 太陽光発電システムから発生する電磁波の検証については、JET(一般社団法人電気安全研究所)が磁界測定しており、人への環境影響がないとのデータが示されている。
- 住宅用太陽光発電システムは、市街地を含め、現在、約100万戸程度の住宅が設置されていると思われるが、電磁波障害の報告はない。大規模、メガソーラーについても、電波障害の影響に留意する飛行場などへの設置事例も多くあるなかで、太陽光発電による電波障害の報告はない。  
→ (いずれも)黒川「再生可能エネルギーとしての太陽光発電」(環境省 第2回国立・国定公園内における大規模太陽光発電施設設置のあり方検討委員会、平成26年10月)より

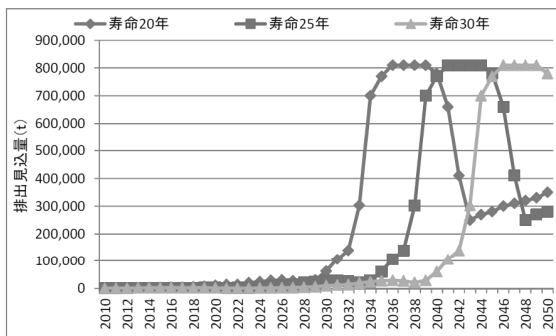
# 使用後処理の考慮

## ● 使用後処理に関する論点

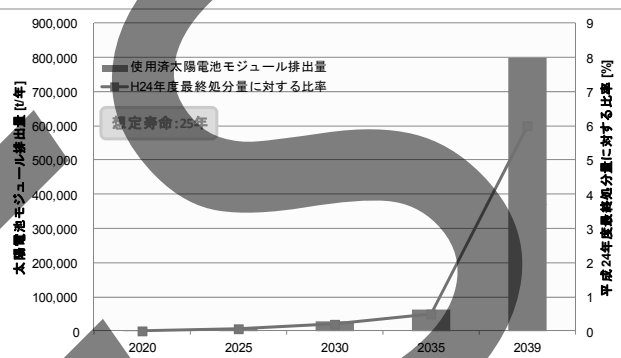
- 使用後処理のタイミング
  - 発電事業実施期間
    - : FIT制度による買取期間(20年)で事業終了か？
- 適切な使用後処理
  - システム構成機器のリユース・リサイクル = 最終処分廃棄物の低減
    - : 機器リユースの可能性 (性能検査・保証が必要)
    - : 効率的なモジュールリサイクル技術 (技術開発段階)
  - 用地等の再整備
    - : 原状回復が必要か？ 新たな用途への対応？
    - : 賃貸借契約における取り扱い(借地の場合)
- 使用後処理経費
  - 考慮すべき費用
    - : 撤去費用
    - : 撤去後の処理費用(輸送、リサイクル、最終処分等)
    - : 用地等の再整備に要する費用
  - 事業計画段階でこれらの費用を考慮しているか？
- 社会システムの整備
  - 実効的な社会システム
    - : 効率的な撤去・回収・処理システム
    - : 関係者間の責任範囲と費用負担
    - : 新たな制度、法規制の必要性

# 使用後処理の考慮: 使用済モジュール排出

## ● 使用済太陽電池モジュール排出量の推計例(寿命到達直後の排出が基本)



Ref) 「太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する報告書」(平成27年)



Ref) 「太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する報告書」(平成27年)よりMHIR作成

# 使用後処理の考慮: モジュール含有金属

## ● 太陽電池モジュール中の含有金属分析例(METI/MOE)

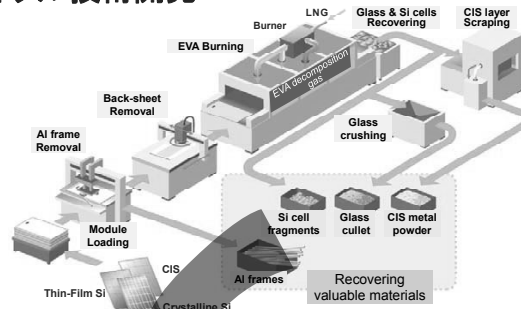
種別	製品名	部材	上場品下場品										廃棄品										計
			Pb	Co	Au	Se	Mo	Sn	Fe	Si	Al	Ni	Cu	Zn	Sr	Ca	Mg	K	Na	Cl	S		
多結晶	2010	フロントガラス	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	2011	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	2012	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
単結晶	2010	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	2011	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
	2012	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Ref) 「太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する報告書」(平成27年)

# 使用後処理の考慮:リサイクルR&D

## ● NEDOによる太陽電池モジュールリサイクル技術開発

- 「広域対象のPVシステム汎用リサイクル処理手法に関する研究開発」(H22-26年度、FAIS他)



Ref) M. Noda, K. Komoto, et al., 6th WCPEC, Kyoto, Japan, Nov. 2014

## ➢ 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト(H26年度テーマ)

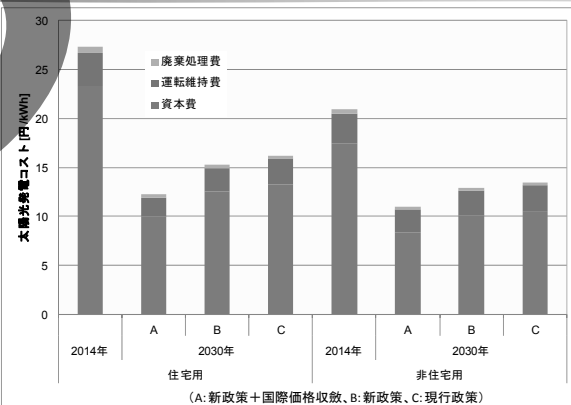
低コスト撤去・回収・選別技術調査	使用済み太陽光発電システムのリサイクル処理を安定的に実施するための課題調査 廃棄物として排出される太陽電池モジュールの効率的な回収システム及び、分別に関する調査/検討
低コスト分解処理技術フィージビリティスタディ	結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術開発 ウェット法による結晶系太陽電池モジュールの高度リサイクル実用化技術開発 結晶シリコン太陽電池の低コスト分解処理技術の調査/開発 可溶化法を用いた使用済み太陽電池からの資源回収技術の開発

Ref) NEDO website (<http://www.nedo.go.jp/content/100564875.pdf>)

# 使用後処理の考慮:処理費用

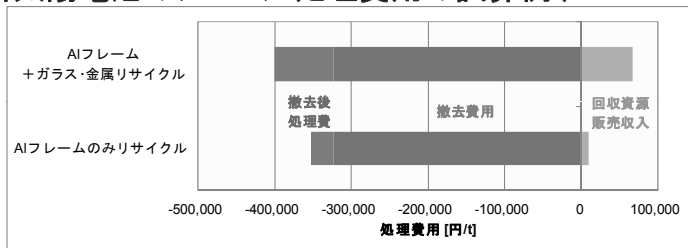
## ● 発電コストに占める廃棄処理費用 (METI:発電コスト検証WG)

- 太陽光発電コスト試算について、「資本費」から「廃棄処理費」を抽出(政策経費は含まず)



Ref) 「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」(平成27年5月)よりMHIR作成

## ● 使用済み太陽電池のジュール処理費用の試算例(METI/MOE:現状レベル)



Ref) 「太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分に関する報告書」(平成27年)よりMHIR作成

# 使用後処理の考慮：今後の推進方策

## ● 適正処理に推進に向けたロードマップ(METI/MOE)



Ref) 「太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分にに関する報告書」(平成27年)

## 「新エネルギー小委員会」で示された課題 (第12回委員会 平成27年6月24日)

### ● 適切な廃棄・処理に向けた検討の在り方

- 発電事業者が事業終了後に発電設備を放置したまま事業から撤退することがないように、廃棄に至るまでの適切な事業の実施を担保するための環境整備や確実なリサイクル又は処理を担保する方策について環境省を始め関係省庁と連携して実態を踏まえた検討を行う必要があるのではないか。

### ● 地域社会や地域住民との共生の必要性

- 太陽光発電設備が地域社会との調整が図られないまま急速に普及・設置が進んだことにより、景観上の問題や、防災や安全上の問題が生じ、地域社会との間でトラブルが生じているケースも見られる。

### ● 立地の円滑化(地域トラブルの防止)

- 法令により開発行為が禁止されているエリアで土地の造成、設備の施工が開始されて初めて立地規制側の手続きを適切に行っていないことが発覚し、自治体とトラブルに発展するケースが多発。

Ref) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの導入促進に向けた制度の現状と課題」(第12回新エネルギー小委員会 資料2、平成27年6月24日)より抜粋

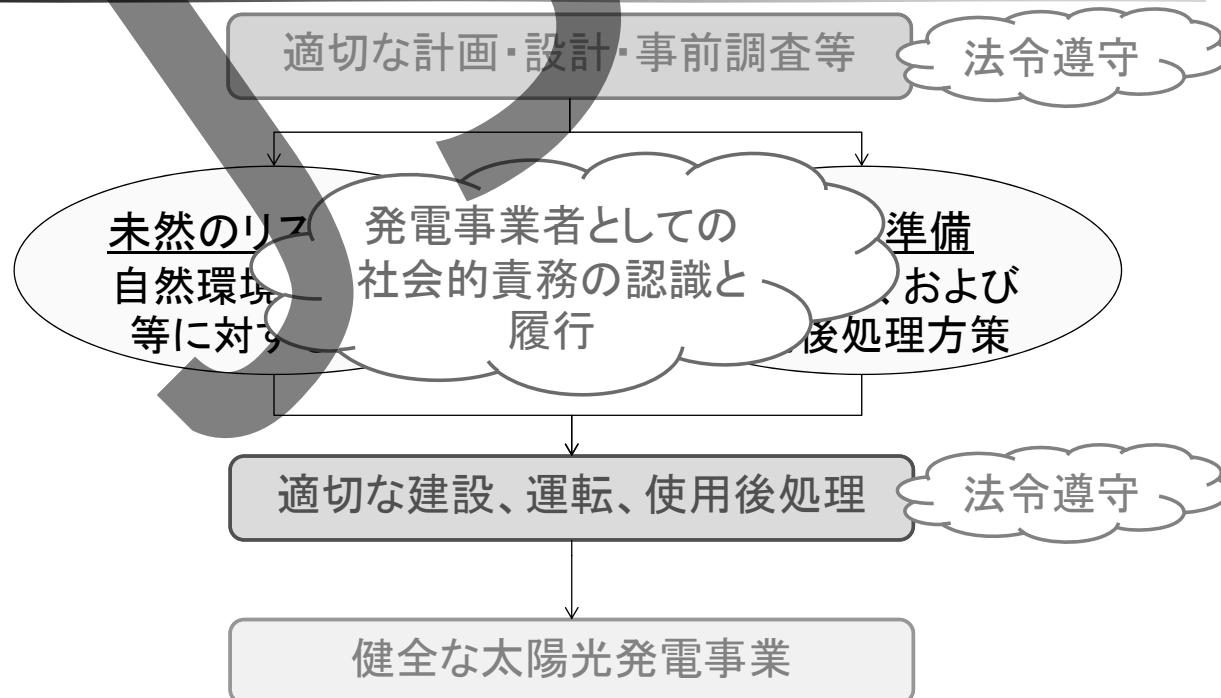


# 「新エネルギー小委員会」で示された課題 (第13回委員会 平成27年7月28日)

- 導入管理の必要性(電源の特性や実態を踏まえた、バランスの取れた再生可能エネルギーの導入拡大)
  - メガソーラーの急増により、新たな環境問題が起きているのではないかと。景観の問題や、森林の伐採の問題に対して、対応を行っていくべきではないかと。
- 廃棄(長期安定・低コスト・自立電源化)
  - 太陽光発電システムが大量導入されたことにより、数十年後に大量の廃棄が予想されるため、その適切な処理とリサイクルに関する技術開発等を行うべきではないかと。
  - 再生可能エネルギーの設備は比較的人口が少ない場所に設置され、事業が継続されない場合には放置されてしまうという危険があるため、廃棄費用を事業中に積み立てることは非常に重要。積み立てる際、税制上経費性が認められるなど、税金上のメリットがあることも重要。
  - 廃棄について、事業中に廃棄費用の積み立てを行うことが重要だが、最悪放置された場合には、自治体による撤去も考えられるため、その場合には積立金を自治体が見える仕組みが必要。(廃棄物処理法では最終処分場について同様の規定がある。)
  - プロジェクトファイナンスを組んだ場合、レンダーからの融資条件として必ず、廃棄コスト積み立てという要求がある。加えて、プロジェクト終了時や延長時にはもう一度もとの土地状態に戻すという土地の所有者に対する補償も入る。こうしたことが規則になれば、廃棄問題の解決に資するのではないかと。
  - 50kW未満だと規制的に緩い部分があり、処理について多少厳しい規制が必要。経済的判断から、何も言わなければ当然どの事業者も安く作ろうとするので、設置する時点で費用をコミットさせるなど、制度として担保する必要がある。
- 自治体への情報共有の必要性(地域との共生)
  - 太陽光は環境アセスの対象外であり、住民とのトラブルが散見されるので、自治体が提供された情報をうまく活用しトラブルを未然に防げるような環境整備が重要。

Ref) 資源エネルギー庁「新エネルギー小委員会におけるこれまでの議論の整理(案)」  
(第13回新エネルギー小委員会資料1、平成27年7月28日)より抜粋

## 環境面から見た事業リスクの軽減



## 参考：自然公園法施行規則改正 (平成27年5月19日公布、 平成27年6月1日施行)

## 自然公園法施行規則改正

### <自然公園法施行規則改正に際しての基本的な考え方>

#### ● 自然環境と調和した再生可能エネルギー導入の考え方

- 積極的に再生可能エネルギーの普及・導入を推進する必要性は極めて高い。
- 国立・国定公園は風致景観の保護や生物多様性の確保を通じ、国民全体の財産として守られるべき場所であることに鑑み、導入にあたっては自然環境との調和が図られる必要がある。
- 特に、大規模な施設の設置については、その立地の是非を含めた許可基準に基づく扱いの明確化や、具体的な環境配慮の考え方の整理が必要と考える。

#### ● 自然公園法における取扱い

- 特別地域内に太陽光発電施設を設置しようとする場合は、「工作物の新築」に該当するため、許可申請が必要となり、許可基準(自然公園法施行規則第11条第13項)により審査が行われる。
- 事業面積が1ha以上である場合、風致又は景観に及ぼす影響の予測及び当該影響を軽減するための措置について許可申請書に添付することになっている(自然公園法施行規則第10条第3項)。
- 普通地域内で太陽光発電施設は届出が必要な工作物とはされていない(自然公園法施行規則第14条)。

Ref) 環境省自然環境局「国立・国定公園内における大規模太陽光発電施設設置のあり方に関する基本的考え方」(平成27年2月)より抜粋

# 自然公園法施行規則改正

## <自然公園法施行規則改正に際しての基本的な考え方>

### ● 大規模太陽光発電施設の風致景観等環境への影響と課題

#### 景観の保全上の課題

- 大規模太陽光発電施設は面積が広大なため、自然公園内の展望地からの眺望を阻害するおそれがある。
- 景観の特性上、定量的な基準のみに依存するのは難しい面がある。
- 公園利用者が大規模施設としての景観をどのように認識するかという観点も含め基準を整理する必要がある。
- 発電施設としての用途を終えたのちに、撤去等の適切な措置が行われず、大規模な施設が放置されることで、風致上の懸念を生じさせる恐れがあり、対策を検討しておく必要がある。

#### 生物多様性(動植物・生態系)の保全上の課題

- 太陽光発電は、特定の自然環境(日照や植生条件等)に影響が集中する可能性があり、特に草地環境等への影響について配慮が必要である。
- 樹林地においては、抜開面積が広大となり自然環境への影響が大きいことから、対応方針を明確化する必要がある。
- 土地の改変による影響に留意が必要である。
- 太陽光発電事業による生物多様性への影響という観点からの知見は少ない。
- 改変跡地など土地利用の履歴等を考慮した立地選定や事業計画が必要である。

Ref) 環境省自然環境局「国立・国定公園内における大規模太陽光発電施設設置のあり方に関する基本的考え方」(平成27年2月)より抜粋

# 自然公園法施行規則改正

## <自然公園法施行規則改正に際しての基本的な考え方>

### ● 大規模太陽光発電施設の風致景観等環境への影響と課題

#### その他の課題

- 事業者が事前に地元説明会等の機会を持つ義務はなく、情報の不足などによる軋轢を生ずることがある。
- 事業ごとには環境配慮ができて、複数の事業が集中する場合に全体としては大きな影響を生じる可能性がある。
- 土地の改変や伐採が行われると、森林等が保有している災害防止機能や炭素固定の機能等の多面的な機能を低下させる恐れがある。

Ref) 環境省自然環境局「国立・国定公園内における大規模太陽光発電施設設置のあり方に関する基本的考え方」(平成27年2月)より抜粋

# 自然公園法施行規則改正

## <改正の内容>

### I・特別地域内の行為の許可基準(自然公園法施行規則第11条)の追加

- (1) 当該太陽光発電施設の色彩及び形態がその周辺の風致又は景観と著しく不調和でないこと。
- (2) 以下のイ～ハの規定によること。ただし、同一敷地内の当該太陽光発電施設の地上部分の水平投影面積の和が2,000平方メートル以下であって、学術研究その他公益上必要であり、かつ、申請に係る場所以外の場所においてはその目的を達成することができないと認められるものについては、この限りでない。
  - イ 次に掲げる地域内において行われるものでないこと
    - i) 特別保護地区、第一種特別地域又は海域公園地区
    - ii) 第二種特別地域又は第三種特別地域のうち、植生の復元が困難な地域等(次に掲げる地域であって、その全部若しくは一部について文化財保護法(昭和二十五年法律第二百四号)第九十九条第一項の規定による史跡名勝天然記念物の指定若しくは同法第一百条第一項の規定による史跡名勝天然記念物の仮指定がされていること又は学術調査の結果等により、特別保護地区又は第一種特別地域に準ずる取扱いが現に行われ、又は行われることが必要であると認められるものをいう。)であるもの
      - ① 高山帯、亜高山帯、風衝地、湿原等植生の復元が困難な地域
      - ② 野生動植物の生息地又は生育地として重要な地域
      - ③ 地形若しくは地質が特異である地域又は特異な自然の現象が生じている地域
      - ④ 優れた天然林又は学術的価値を有する人工林の地域
  - ロ 当該太陽光発電施設が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること。
  - ハ 当該太陽光発電施設が山稜線を分断する等眺望の対象に著しい支障を及ぼすものでないこと。

Ref) 環境省「自然公園法施行規則の一部を改正する省令について(概要)」(平成27年5月)より

# 自然公園法施行規則改正

## <改正の内容>

### I・特別地域内の行為の許可基準(自然公園法施行規則第11条)の追加 (続き)

- (3) 以下のイ～ホの規定によること。同一敷地内の当該太陽光発電施設の地上部分の水平投影面積の和が2,000平方メートル以下であって、以下のi)～iii)に掲げる基準のいずれかに適合するものについては、この限りでない。
  - i) 学術研究その他公益上必要であり、かつ申請に係る場所以外の場所においてはその目的を達成することができないと認められるものであること。
  - ii) 地域住民の日常生活の維持のために必要と認められるものであること。
  - iii) 農林漁業に付随して行われるものであること。ロ 当該太陽光発電施設が主要な展望地から展望する場合の著しい妨げにならないものであること。
- イ 当該太陽光発電施設の水平投影外周線で囲まれる土地の勾配が30%を超えないものであること。
- ロ 当該太陽光発電施設の地上部分の水平投影外周線が、公園事業道路等の路肩から20m以上、それ以外の道路の路肩から5m以上離れていること。
- ハ 当該太陽光発電施設の地上部分の水平投影外周線が、敷地境界線から5m以上離れていること。
- ニ 自然草地、低木林地、採草放牧地又は高木の生育が困難な地域において行われるものでないこと。
- ホ 支障木の伐採が僅少であること。

Ref) 環境省「自然公園法施行規則の一部を改正する省令について(概要)」(平成27年5月)より

# 自然公園法施行規則改正

## <改正の内容>

### I・特別地域内の行為の許可基準(自然公園法施行規則第11条)の追加 (続き)

- (4)当該太陽光発電施設の撤去に関する計画が定められており、かつ当該太陽光発電施設を撤去した後に跡地の整理を適切に行うこととされているものであること。
- (5)当該太陽光発電施設に係る土地の形状を変更する規模が最小限であると認められること。
- (6)野生動植物の生息又は生育上その他の風致又は景観の維持上重大な支障を及ぼすおそれがないものであること。
- (7)当該行為による土砂及び濁水の流出のおそれがないこと。
- (8)(1)～(7)の規定については、既存の工作物の上面又は側面に設置するものについては、この限りでない。

### II・普通地域内における届出を要する工作物の基準(自然公園法施行規則第14条)の追加

「普通地域において届出が必要な工作物の基準」に以下を追加。

「太陽光発電施設のうち同一敷地内の地上部分の水平投影面積の和が1,000平方メートルを超えるもの」

Ref) 環境省「自然公園法施行規則の一部を改正する省令について(概要)」(平成27年5月)より